

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-4196

(P2000-4196A)

(43)公開日 平成12年1月7日(2000.1.7)

| (51)Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | テマコード [*] (参考) |
|--------------------------|------|---------------|-------------------------|
| H 0 4 B 7/26 | | H 0 4 B 7/26 | M |
| H 0 4 J 13/00 | | H 0 4 L 1/18 | |
| H 0 4 L 1/18 | | H 0 4 J 13/00 | A |
| 12/28 | | H 0 4 L 11/20 | D |

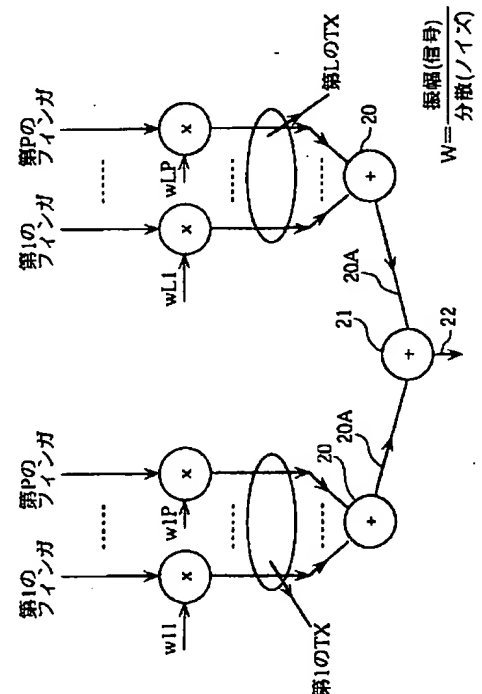
審査請求 未請求 請求項の数9 O L 外国語出願 (全 45 頁)

| | | | |
|-------------|-----------------------|---------|---|
| (21)出願番号 | 特願平11-63012 | (71)出願人 | 599022443 コネクサント システムズ インコーポレ イテッド アメリカ合衆国、カリフォルニア州 92660-3095、ニューポート ビーチ、エ ム/エス イー09-900、ジャムボリー ロード 4311 |
| (22)出願日 | 平成11年3月10日(1999.3.10) | (72)発明者 | トーマス ジェイ ケツェオグルー アメリカ合衆国、カリフォルニア州 92612、アービン、モーニング プリーズ 17 |
| (31)優先権主張番号 | 0 9 / 0 3 8 7 2 4 | (74)代理人 | 100090446 弁理士 中島 司朗 |
| (32)優先日 | 平成10年3月10日(1998.3.10) | | |
| (33)優先権主張国 | 米国 (U S) | | |

(54)【発明の名称】 ターボ復号化を用いる無線多元サービス通信環境下における再送信パケットキャプチャシステム

(57)【要約】

多元接続無線通信環境下で用いられる”ハイブリッド
な”ARQシステムが提供される。本システムでは、エ
アインターフェースを介して送られ受信された同一の信
号のうち、以前失敗に終わった対応する送信信号から得
られた情報が、ARQによる再送信信号に再結合され
る。本システムは、RAKE処理され送信および再送信
された信号から前もって得られたあらゆる情報を用いる
ことにより、また、再送信を繰り返すことなく信号を結
合させることによって情報を補正するよう試みることに
より、ARQ環境下で前方エラー補正(FEC)を実装
する。第2の実施の形態では、成功送信を得るために、
送信機は、ターボ符号化され送信された情報の一部の
みを再送信する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 無線インターフェースを介して通信を行う多元接続システムであって、複数のパケットの情報を示す信号をターボ符号化するターボ符号器と、第1パケットの情報を示す第1信号、ならびに、第1信号の部分的な再送信信号および第2パケットの情報を示す新たな信号を含む第2信号を送信する送信機と、第1信号および第2信号を受信する受信機と、第1パケットの情報を示す出力となる信号を取得するために、第1信号と再送信信号とを結合させるようRAKE処理を行う処理手段とを含む多元接続システム。

【請求項2】 前記第1信号、前記第2信号のうちの再送信信号の部分、および、前記第2信号のうちの新たな信号の部分の各々は、ターボ復号化処理のアルゴリズムを用いて復号化される請求項1に記載の多元接続システム。

【請求項3】 前記ターボ復号化処理のアルゴリズムは、前記第1信号、前記第2信号のうちの再送信信号の部分、および、前記第2信号のうちの新たな信号の部分の各々に対して、SOVAを繰り返し用いる請求項2に記載の多元接続システム。

【請求項4】 前記処理手段は、一度送信されたソフトビットメトリックを受信する第1入力システムと、前記第2信号を受信して、第2信号を新たな信号の部分と再送信信号の部分とに分割する第2入力システムと、前記第2信号の再送信信号の部分と前記第1信号の対応するデータとを結合させるRAKEプロセッサと、第1入力システムからのソフトビットメトリック、第2入力システムからの前記第2信号の新たな信号の部分、および、前記RAKEプロセッサからの出力をターボ復号化するターボ復号化プロセッサとを含む請求項1に記載の多元接続システム。

【請求項5】 無線インターフェースを介する多元接続システムでの通信方法であって、第1ターボ率の符号を有する、少なくとも2つの、データ信号を表すターボ符号化された送信信号を供給するステップと、前記送信信号を受信するステップと、前記送信信号を復号化して、前記第1ターボ率よりも小さい有効な第2ターボ率の符号を有する、データ信号を表す復号化信号を生成するステップとを含む通信方法。

【請求項6】 無線インターフェースを介する多元接続システムでの通信方法であって、複数のパケットの情報を示す信号をターボ符号化するステップと、第1パケットの情報を示す第1信号、ならびに、第1信号の部分的な再送信信号および第2パケットの情報を示す新たな信号の信号を含む第2信号を送信するステップと、

第1信号および第2信号を受信するステップと、第1パケットの情報を示す出力となる信号を取得するために、第1信号と再送信信号とを結合させるようRAKE処理を行う処理ステップとを含む通信方法。

【請求項7】 前記第1信号、前記第2信号のうちの再送信信号の部分、および、前記第2信号のうちの新たな信号の部分の各々は、ターボ復号化処理のアルゴリズムを用いて復号化される請求項6に記載の通信方法。

【請求項8】 前記ターボ復号化処理のアルゴリズムは、前記第1信号、前記第2信号のうちの再送信信号の部分、および、前記第2信号のうちの新たな信号の部分の各々に対して、SOVAを繰り返し用いる請求項7に記載の通信方法。

【請求項9】 前記処理ステップは、一度送信されたソフトビットメトリックを受信するステップと、前記第2信号を受信して、第2信号を新たな信号の部分と再送信信号の部分とに分割するステップと、前記再送信信号の部分と第1信号の対応するデータとを結合するRAKE処理を行うステップと、前記ソフトビットメトリック、前記第2信号の新たな信号の部分、および、前記RAKE処理による出力をターボ復号化処理のアルゴリズムに入力するステップとを含む請求項6に記載の通信方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、概して無線通信システムに関し、特に、無線マルチメディア通信の環境下にて、データパケットの正確な送信および再送信を行うシステムおよび方法に関する。

【0002】

【従来の技術】現在、世界中の様々な団体が、次世代の移动通信システムの仕様の規格化を進めている。現在の無線移动通信システムに提供されるサービスは、狭帯域デジタルネットワークによりサポートされる電話および音声サービスである。より包括的なデータおよび情報が送信されるにつれて、より広い帯域幅のサービスに対する要求が高まっていくことが予想される。このような包括的なデータは、移动通信システムに、(後述する)非同期通信モード(ATM)の送信を用いて有線接続による広帯域ネットワークと結びつくことを要請することとなるであろう。すなわち、今日の無線インターフェースは、狭帯域のサービスを効果的に媒介しなくてはならない一方、上記のような要求の増大に伴って、より広い帯域幅のサービスを媒介する柔軟性を備えていなくてはならない。

【0003】ところが、異なる特質を有する複数の多元通信サービスが調和するか否かは、スペクトルと伝送とについての区別することのできるニーズを満たすことができるか否かに帰着する。無線通信ネットワークで用い

られる代表的なサービスは、電話通信、テレビ電話通信および高速データ通信を含んでいる。これらのサービスは、大きな需要があること、遅延が重大に影響すること、広い帯域幅を要すること、および／または、エラーを許容できないことを含む、多様な区別できるニーズを有している。また、これらの異なるサービスは、異なる符号化要件、異なるエラー伝送要件、および、異なる遅延要件を有している。ネットワークで用いられる異なるサービスのこれらの要件のトレードオフは、これらが1つのまとまりのある統一体に統合されたとき、ネットワークの、大量の情報を迅速に正確に同時に送信することができるという能力の限界を左右する。

【0004】これらの様々な要件に対して最もよく利用される無線接続技術は、符号分割多元接続（CDMA）として知られている。CDMAおよびATMの特徴は、個々によってもこれらを組み合わせても、広範囲に渡るサービスが媒介されなければならない無線通信環境下において、重要な利点を提供する。CDMAおよびATMは、いずれも、送信リンクにより、経路決りを単純化し通信の混雑とオーバーヘッドとを低減させるという要求に応じて用いられる、多数の同時接続を支援するものである。

【0005】CDMAは、拡散スペクトル送信を用いることによって、多くのユーザが同一の無線周波数スペクトルを同時に共有することを許容する。無線インターフェースを介しての個別の接続の各々は、その接続に割り当てられたCDMAコードによって識別される。比較的多くのCDMAコードが存在するため、新たな接続を始めるとき、また、多数のユーザにサービスを提供する基地局に新たな移動局が加わる時には、それらの接続にこれらのコードを割り当てることができる。ユーザデータは、チャンネルを追加的に割り当てる必要なしに、対応するCDMAコードとともに、エアインターフェースを介して送信される。このように、CDMAコードは、信号を識別させ、エアインターフェースに“仮想的な”チャンネル接続と同等の働きを持たせることとなる。

【0006】実際の無線通信では、データは本来的に任意の時刻に通信される。システムに追加的なデータが加えられて送信されることがいつでも起こり得る。これらの任意の送信は、概して、システムの性能の限界を超過し、ユーザ間での干渉を引き起こす可能性があり、動的に変化するこれらのトラフィックの特性は、システムの限界を超え、許容できないほど過度のエラー率の原因となる可能性がある。

【0007】ATMは、送信データを、複数の情報群を含む、ATMセルと呼ばれる小さな固定サイズの packets に細分する。ATMセルの各々は、データフィールドと、アドレスを有する制御フィールドとを含む。別々のアドレスを割り当てることによって複数のユーザはそれぞれ識別されるので、この制御フィールド内のアドレス

もまた、固定されたネットワークでの仮想的なチャンネル接続を実現するものとみなすことができる。ATMは、非同期通信を行う従来の通信システムとは異なり、送信されるべきデータがあるときにネットワークの容量を消費するに過ぎない。

【0008】他の通信転送モードの技術としては、時分割多元接続（TDMA）が知られている。TDMAでは非同期通信が用いられるわけではないという点を除いて、TDMAはATMと同様である。TDMA送信機の各々は、ポーリングされるたびに、情報の“セル”を送信するものである。移動デジタル情報通信技術、特にCDMA、ATMおよびTDMAでは、かなりの量のデータが“パケット”に縮小され、“バースト”送信される点で、データ情報は、“バースティ”であるものとみなされている。バーストモード送信では、情報パッケージが送信されることとなり、パケット化による遅延がもたらされる。ATMセルに音声データを充填することによってもまた、パケット化による遅延がもたらされる。

【0009】さらに、送信機の電力の制約、および、限られたスペクトルの利用性に関する無線通信固有の性質は、エアインターフェースを介しての情報の最大量を制限する。すなわち、エアインターフェース内では、広帯域通信サービスは、移動電力による制限とエアインターフェース上でのデータ転送率の限界とによって、狭帯域サービスと同様であるものとみなされるべきものである。その上、無線通信では、広帯域有線ネットワークに比べて、著しくエラーが発生しやすい。これによると、エラー制御プロトコルを送信して処理する必要があるため、さらに容量が減少されることとなる。

【0010】無線マルチメディア通信環境のために国際電気通信連合（ITU）によって策定された規格が、IMT-2000として知られている。図1は、IMT-2000規格のもと、多元接続環境にて基地局に接続される移動無線局の、多様なサブシステムを示す図である。図1において、基地局12は、基地局12を制御する基地局制御部11を含んでいる。基地局12は、無線インターフェース13を介して移動局14と通信し、移動局14もまた、移動局制御部15を含んでいる。図1に示すシステムの各々は、サブシステムとして、内部ネットワーク16、リンクアクセス制御サブシステム17、メディアアクセス制御サブシステム18、および、物理無線エアインターフェース通信システム19を含んでいる。

【0011】IMT-2000規格として用いられ計画されている現在の無線データ通信では、自動再送要求（ARQ）として知られる、エラー補正および信頼性に関するシステムが利用されている。ARQは、送信データが完全かつ正確に受信されなかったときデータパケットの再送信を要求する、エラー補正のための1つの方策である。

【0012】ARQでは、受信機は、対応するデータパ

ケット送信機に、情報データパケットが十分に受信されなかった旨を知らせる信号を与える。送信機は、前回の送信に対するエラーを示すARQ信号を受信すると、受信機にデータパケットを再送信する。このような処理は、データパケットが十分受信されるまで繰り返され、その後、受信機は、次に送られるデータパケットを受信することが可能になる。

【0013】これらのようなARQ処理では、データパケットを表す信号が、容認できるものとなるか、失敗したものとみなされてその情報データパケットの送信が中止されるかするまで、同一の情報が何度も再送信されるため、システムに遅延がもたらされる。これらの同一の情報の再送信は、無用のネットワークトラフィックを増大させ、システムに劣化と干渉をもたらすこととなる。

【0014】CDMAデジタル無線通信に関する通信規格の1つに、電気通信工業会（TIA）のTR45.5委員会が推進するIS-95第3世代規格がある。このTIAの規格は、データ転送率が14.4Kbpsを超える際に“ターボ符号化”を採用することを推奨している。図4は、ターボ符号化の実装例を示す図である。図4に示す送信システムでは、送信されるデータは、符号器40に入力41として入力される。続いて、このデータは、第1再帰的組織畳み込み符号器（RSCC）42により処理され、第1符号器出力43を出力する。第1符号器出力43の各々は、入力41のデータの冗長な情報表現を個々に有する信号である。

【0015】さらに、符号器40では、インターリーブ45を介して第2RSCC44に入力41のデータが送られ、このデータに対して処理が施される。インターリーブ45は、送信におけるエラーを最小化するため、入力41の情報を表すビットを入れ替え、第2RSCC44に送る。このようにデータビットを入れ替えることにより、第2RSCC44からの第2符号器出力46の出力群は、第1RSCC42の出力群とは異なる順序と配置とを有することとなる。

【0016】“ターボ符号化”においては、第1RSCC42および第2RSCC44の、多様な、第1符号器出力43、第2符号器出力46は、その後、“パンクチャされる”か、第1符号器出力43、第2符号器出力46の残りの出力から選ばれるかされ、送信のために選択される。符号器40で生成される情報は冗長であるので、送信のため出力がパンクチャされていてもよい。ここでは詳述しないが、ターボ復号化もまたよく知られた技術である。

【0017】TIA規格のTR45.5は、無線データ通信にて用いられるターボ符号化率をいくつか定義している。ターボ符号化率は、実際に送信されるビットに対しての、注目している情報ビットの率を表すものである。これらの率は、前方リンク、すなわち、基地局から移動局への送信では、標準的な符号化率 $1/3$ での符号から得

られる、 $1/2$ または $1/3$ であり、また、後方リンク、すなわち、移動局から基地局への送信では、標準的な符号化率 $1/6$ での符号から得られる、 $1/2$ または $1/3$ または $1/4$ である。

【0018】同じ量の情報を伝達するために、より少ないビットが実際に送信されるので、より大きなターボ率による符号ほど送信に有利となる。第1符号器出力43、第2符号器出力46のいくつかの出力を“パンクチャする”と、より少ないビットが実際に送信されることとなり、これによって必要なハードウェアがより少なくなるので、より大きな符号化率の符号が達せられる。ターボ符号器から出力される情報は冗長性であるので、情報を欠落させることなく信頼性のある信号を送信するために、パンクチャすることが認容されている。

【0019】無線拡散スペクトル通信にて用いられるシステムアーキテクチャの1つが、“RAKE”先結合として知られている。このようなRAKEアーキテクチャでは、受信された信号のためのマルチパスパラメータが、ダウンリンクされるパイロット信号から得られ、復調に先だって結合される様々なマルチパス成分の、位相、振幅および時間の調整に用いられる。RAKE先結合では、主として、無線通信リンクを介して送信される単一の信号が、従来知られているViterbiアルゴリズムのための単一の累積信号入力を得るために受信機により結合されるべき、複数の成分すなわち“メトリック”を要することが知られている。

【0020】無線通信システムにてRAKEアーキテクチャが用いられる際には、受信されたマルチパス成分が不十分でそれらを結合した電力レベルが所定のしきい値を超えない場合、送信は失敗とみなされる。送信が失敗すると、RAKE受信機は、エラー補正システムによる処理を開始しなくてはならない。RAKE受信機はARQ要求を送信し、その後、送信機によって情報信号が再送信される。このような処理は、信号が十分に受信されたとみなされるまで、すなわち、RAKE再結合が完了したときに所定の電力しきい値を超えるまで繰り返される。

【0021】しかしながら、同一の信号について複数回の送信を加えることは、送信ネットワーク内で無用のトラフィックを加えることとなる。さらに、RAKEシステムでは、複数のユーザはネットワーク上で異なる電力を利用することができるため、電力の制約が行われる。あるユーザの送信は、別のユーザの受信のための電力レベルに障害を与えることがある。

【0022】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、より広い帯域幅のサービスを媒介する柔軟性を有しつつ、効率的に狭帯域幅のサービスを媒介する無線遠隔通信システムを提供するための改良システムを提供することである。また、本発明の目的は、異なる複数の無線通信での

(電話通信、テレビ電話通信および高速データ通信等の)多様なサービスに対しての、遅延が重大に影響すること、広い帯域幅を要すること、および、エラーを許容できないこと等を含む送信およびスペクトルに対するニーズに効果的に対処する無線通信システムを提供することである。

【0023】さらに、本発明の目的は、ネットワークでの不必要で無用な情報のトラフィック低減させ、ユーザ間での干渉を低減させ、ネットワークのトラフィックが限界を超えるとときにシステム品質を徐々に低下させていくことにより動的に変化するトラフィックの特質に対処し、これらによって許容できない通信エラーを低減させる、多元接続無線通信環境下で用いられる通信システムを提供することである。

【0024】また、本発明の目的は、許容することのできる信号を得るためにARQにより同一情報を再送信させる回数を最小限に抑え、これによって無線ネットワークから無用な情報のトラフィックを低減させる、多元接続無線通信環境下で用いられる送信システムを提供することである。さらに、本発明の目的は、送信のためにより高いターボ符号化率を使用しつつ、より低く効果的なターボ復号率を用いる、多元接続無線通信環境下で用いられるデータ送信システムを提供することである。

【0025】

【課題を解決するための手段】上述および他の目的および利益は、本発明によって多元接続無線通信環境下で”ハイブリッドな”ARQシステムを実施することにより達成される。本システムは、エアインターフェース内で送受信された同じ信号のうち、以前失敗に終わった、対応する送信信号から得られた情報を、ARQによる再送信信号に再結合させる。本発明は、すでに得られていればどのような獲得情報であっても用い、再送信をさらに行うことなく情報を補正するよう試みることによりARQ環境のもとで前方エラー補正(FEC)を実装する点で、”ハイブリッドな”ARQとみなすことができる。

【0026】本発明では、ネットワーク内でただ1つの正しい信号を得るために送信されるARQの数と、信号が正しく受信されるまで何度も繰り返し同じ信号の再送信によりもたらされる干渉との間にトレードオフの関係があることが認識されている。本発明は、送信され失敗に終わったすなわち許容できない信号を生じることとなった、以前に受信された対応する信号から、すでに得られ、処理された情報を用いて、再送信信号を処理することによって、このようなトレードオフを解決する。

【0027】本発明は、(複数の)対応する再送信信号を結合させることにより、成功送信が速やかに達成される可能性を高める。本発明では、ただ1つの正しい信号を得るために同一の信号に対応する再送信信号を結合させると、成功送信の確率が等比級数的に増加することが認識されている。本発明の好ましい実施の形態では、再

送信信号を結合させることにより、信号の受信を成功させるために必要となりそうな再送信の回数を最小限に抑え、これによりネットワーク上の情報トラフィックを低減させることができる。さらに、この再送信信号の結合は、ユーザの漸増によって送信品質を過度に低下させるということなく、ネットワーク上のユーザの数を増加させることができる。

【0028】本発明の好ましい第1の実施の形態では、複数の対応する再送信信号が結合されて、RAKE処理を用いて送信された信号が再生される。この第1の実施の形態では、第1送信にて送信された複数のメトリックがRAKE処理を用いて結合される。信号の受信に失敗したと判断されると、ARQ信号が送信機に送信され、この信号が再送信される。一度再送信信号が受信されRAKE処理されると、RAKE処理された第1の信号とRAKE処理された再送信信号とが再びともにRAKE処理され、成功送信が獲得されることとなる。信号は、成功送信が達せられるか、情報を放棄するよう決定されるかするまで、必要な回数、再送信されRAKE結合される。

【0029】本発明の好ましい第2の実施の形態では、ターボ符号化され送信されたデータ情報は、成功送信を達成するために、送信機により一部のみの再送信される。この第2の実施の形態では、最初に送信された信号の一部のみを再送信することによって、送信機でのより高いターボ符号化率が維持され送信の必要性が最小限に抑えられつつ、正確な受信を実現するため受信機でのターボ復号化率が効果的に低められる。本発明の第2の実施の形態は、第1の実施の形態の再送信システムにて、複数のターボ復号化アルゴリズムを結合させることにより、これらの利点を達することができる。第2の実施の形態はこのように冗長な再送信を最小限に抑えるものである。

【0030】

【発明の実施の形態】以下の説明は、当業者が本発明を作成し使用することができるよう提供されるものであり、この発明を実現するために、現在発明者が考える最良の形態を説明するものである。とはいえ、本発明の包括的な原理がここに明示されるため、当業者にとっては様々な変形が直ちに明らかとなるであろう。

【0031】本発明の好ましい第1の実施の形態は、RAKE処理環境下にて動作するものである。第1の実施の形態は、いつ第1パケットの送信が送信機にて十分に受信されなかったかを決定する。本システムが、第1パケットの送信が適切に受信されなかったと判断したときには、受信機は、失敗となったRAKE処理済みの信号を蓄積する。その後、送信機により信号の再送信を要求するARQ信号が送られる。

【0032】次に、第1の実施の形態は、第2の再送信信号に対してRAKE処理を施す。本システムは、適正な

信号が得られるように、先に蓄積された、失敗に終わった、第1の送信信号のRAKE処理結果と、対応する第2再送信信号のRAKE処理結果とを結合させる。このように結合された信号が、なお適切なものとならなかったならば、信号の結合結果が累積され、結果的に生成される信号が適切なものとなるまで、これらの処理が繰り返される。

【0033】本発明の第1の実施の形態では、(1) 結果となる処理信号が、受信される適切な送信信号となるまで、または、(2) 本システムが繰り返し回数についての、デフォルトの許容された限界を超え、失敗した結果の信号が放棄されるまで、再送信処理が繰り返される。第1の実施の形態では、データパケットの許容される再送信についての最大の回数すなわち繰り返し回数のしきい値をサービスごとに設定することができる。たとえば、音声信号の通信では、高速データ通信に比べて結果に対する送信エラーの各々の影響がより小さいので、繰り返し回数のしきい値を高速データ通信より小さくすることができる。

【0034】第1の実施の形態は、RAKE処理済の受信された信号がViterbiアルゴリズムの入力としてエラーのない結果を生じるほど十分な電力を有するか否かをテストすることによって、この信号が許容できるか否かを決定する。第1の実施の形態のシステムでは、送信信号のメトリックが、エアインターフェース中、受信機まで複数のパスを取ることが認識されている。ただ1つの信号から複数のメトリックを生ずる複数のパスでの、このような不一致のために、メトリックのRAKE処理は、受信信号の信頼性を失わせる可能性がある。また、本実施の形態では、RAKE処理済の信号の電力レベルが、エアインターフェースを介して被るノイズについて信号が信頼性を有するものであるか否かを判断するための適当な決定要素であることが認識されている。

【0035】第1の実施の形態では、以下に示す等式に基づいて送信信号と再送信信号とを結合させることにより、本発明が実施される。

$$M_n(L) \equiv M_n(L-1) + \Delta m_{n,L}$$

ここで、Mは、送信信号をRAKE処理することにより得られる軟判定ビットメトリックの累積であり、Lは、複数の送信されまた再送信される対応信号の送信回数であり、nは、送信されるデータ情報パケット内のビット数であり、 Δm は、L番目すなわち最後の送信から得られる、軟判定ビット受信メトリックの増分である。

【0036】図2および図3は、本発明のシステムを実装する第1の実施の形態により用いられるアルゴリズムを示す図である。図2に示すように、送信信号TXの各々は、L連のメトリックであるフィンガMからなる。これらのメトリックMの各々は、エアインターフェースを介して送信機から受信機へ伝わる、送信信号TXの異なる複数のマルチパス成分の1つを表すものである。

【0037】メトリックMの各々の信頼性は、エアインターフェースを介してメトリックMの各々が通るパスに基づいて決定される。図2に示すように、メトリックMの各々は、RAKE処理中に値Wにより重み付けされ、Viterbiアルゴリズムに入力されることとなる受信信号TX全体の結果に対しての、メトリックMの各々の寄与について、可能性のある値および信頼性が決定される。メトリックMに対するRAKE処理では、ただ1つの送信信号からの複数の重み付けされたメトリックMが、処理され加算器20にて足し合わされ、Viterbiアルゴリズムに入力されることとなる1つの結果となる出力20Aが生成される。

【0038】図2に示すように、送信信号TXの各々に対しては、受信機により同一のRAKE処理が施される。第1の実施の形態では、個別の信号TXの各々からの、RAKE処理された信号の出力20Aはさらに加算器21により加算され、総結合された出力信号22が得られる。このようにして得られた信号22は、信号TXのRAKE処理、および、Viterbiアルゴリズムに入力される可能性のある1つの信頼性の高い信号22への信号TXのRAKE結合に基づくものであり、統計的には、送信信号TXの信頼性の高い信号表現である。

【0039】さらに、図3は、図2に示す第1の実施の形態の方法を実装するために用いられるハードウェア構成を示すブロック線図である。メトリックMの各々は、送信信号TXから得られる、対応するメトリックMとともにRAKE処理される。図3において、RAKE処理された信号の各々の出力となる信号表現20A（出力20A）は、入力30として供給され、加算器31へと送られる。加算器31による累積出力32は、その累積出力32が格納されるメモリ34と、その累積出力32がViterbiアルゴリズムにて処理され解析されるプロセッサ33とに送られる。

【0040】プロセッサ33が、処理された送信信号TXが適正に受信されていることを判断すると、送信信号の信号表現が、Viterbiアルゴリズムにて用いられ、受信機によるさらなる処理のために出力35として送られる。これに対して、プロセッサ33が、出力32が十分に有効な信号ではない、すなわち、出力32が適切なRAKE処理済の信号を表すほど十分な電力を有していないと判断すると、出力36を介して出力が送られ、送信機からのさらなる再送信を要求するARQ信号が送られる。

【0041】再送信される信号が、受信されRAKE処理されて、再送信信号のRAKE処理後の信号表現が、再度、入力30を介して加算器31に送られる。加算器31は、RAKE処理済の信号30を、すでに累積されておりライン37から送られるRAKE処理結果に加算する。ARQによる再送信信号と、エアインターフェースを介して送られ受信された同じ信号のうち、対応する過去に失敗に終わった送信信号から得られる情報とを再結合させ

る、図示のシステムを実装することにより、本発明は、多元接続無線通信ネットワーク上で必要量のトラフィックを低減させることができる。さらに、本発明の実施の形態では、遅延が低減され、広帯域幅のニーズが対処され、送信エラーが低減され、干渉が低減され、ネットワークトラフィックが限界を超えるとき徐々にシステム品質が劣化していくことが許容されるので、複数のサービスにおいての異なる送信およびスペクトルに対するニーズに対処することができる。

【0042】本発明の好ましい第2の実施の形態では、図2および図3に示す第1の実施の形態の再送信RAKE処理環境のもとで、ターボ符号化が実装される。第2の実施の形態では、成功送信を達するために、最初に送信され失敗に終わった信号は、ARQ信号に応じて一部のみが再送信される。本発明では、最初に送信された信号の一部のみが再送信されるので、送信側での高いターボ符号化率が維持され送信に要されるデータが最小限に抑えられつつ、ターボ符号化率が効果的に低減され、正確な受信が実現される。

【0043】第2の実施の形態では、第1の実施の形態の再送信システムに、ターボ復号化アルゴリズムを結合させることにより、これらの利点を達することができる。第2の実施の形態では、冗長に再送信される情報の量が最小限に抑えられる。図5は、第2の実施の形態のシステムで用いられる2つの連続するデータ送信信号50を示す図である。第2の実施の形態では、2つの送信信号のみが用いられるものとするが、さらに異なる数の送信信号と再送信信号とを用いることができ、これらは本発明の範囲に含まれるものである。

【0044】また、第2の実施の形態では、図4に示す並列連結畳み込み符号化(PCCC)システムが用いられるものとするが、直列連結畳み込み符号化システム(不図示)を用いることができる。この直列連結畳み込み符号化システムでは、インターリーブは、第1符号器のパンクチャド出力を入力とし、これもまた送信のためのパンクチャド出力を生成する第2符号器に、インターリーブされた信号を入力する。

【0045】第2の実施の形態では、図5に示すように、第1送信信号51は、図4に示すターボ符号器が出力する、符号器出力全体のパンクチャド部分からなる。第2の実施の形態では、続いて、第1送信信号の部分的な再送信信号52とターボ符号器の新たなパンクチャド出力53とが結合された第2送信信号54が生成される。第2の実施の形態では、第1送信信号51のうち再送信信号52として再送信される量は、あらかじめ定められたアルゴリズムにより設定される。たとえば、あるアルゴリズムを用いて、第1送信信号51の最初の30%が、第2送信信号54のうちの再送信信号52であるものとすることができる。再送信信号52の量を増加させることによって信頼性が向上するが、これと同時に、2つの完全なフレームのデータであ

る、第1送信信号51および第2送信信号54を復号するために要する複雑さと時間が増加することは明らかである。第2送信信号54のうちの再送信信号52の量が第1送信信号51の量と同じであれば、第1の実施の形態のシステムが実施されたことになる。第2の実施の形態の目的は、高レベルの信頼性を保ちつつ、再送信信号52の量を減少させることである。

【0046】図5からわかるように、第2の実施の形態では、再送信信号52を第1送信信号51に結合させることにより、軟出力Viterbiアルゴリズム(SOVA)に対応する復号法によって処理される信号を”増大させる”ことができる。第2の実施の形態のこの復号法では、入力に対してSOVAが繰り返し用いられ、効果的なより低いターボ率の符号が得られることとなる。

【0047】このような第2の実施の形態は、復号化プロセッサ内でSOVAを実行する前に、多様な送信信号の、同じビットとして送信された情報を単に結合するのみの、第1の実施の形態の再送信RAKE処理システムとは区別することができる。第2の実施の形態にて得られる、有効なより低いターボ率の符号によると、受信信号の成功率が高められ、送信の信頼性が高められるという性能の向上がもたらされる。

【0048】第2の実施の形態で、たとえば、ターボ符号化率が $1/4$ の符号器を用いるものとする、第2送信信号が送信された後に有効復号化率を $1/6$ とすることができる。ここでは、第2送信信号は、パンクチャされた第1送信信号が再送信される2つの部分と、新たに送信される2つの部分との4つの部分からなるものとする、第1送信信号の4つの部分全体に、パンクチャされた第1送信信号が再送信される2つの部分を再結合させることにより、処理される情報の量すなわち”増大された”受信スペースは、6つの部分からなるものとなり、有効ターボ復号化率は、 $1/6$ となる。

【0049】本発明の第2の実施の形態の方法では、エアインターフェースを介して信号を送信する図4に示す符号化システムが用いられる。第1RSCC42、第2RSCC44の各々が、ターボ率 $1/2$ の符号を得るものとすれば、第1符号器出力43および第2符号器出力46の各々の出力群からのいずれか一方のビット群が、パンクチャされるとすぐに、第1符号器出力43および第2符号器出力46の各々から、そのパンクチャされたビット群の冗長ビット群に伴う情報ビットが送信される。ここでは、有効総ターボ符号化率は $1/2$ となる。

【0050】続いて、第2の送信においては、インターリーブされた情報ビット列が、各出力からのパンクチャされたシンボルとともに合わせて送信される。復号器側では、第2の送信の後、有効符号化率は、付加的な符号化ゲインにより $1/3$ となっている。これらのように、本システムでは、ターボ符号に要されるSOVA復号器ブロックは、本質的に公知のシステムと同じであるため、

公知のシステムに、ハードウェアすなわち複雑さを最小限追加することにより強力な受信を達成することができる。

【0051】図6は、本発明の第2の実施の形態のターボ復号処理システム60を示すブロック図である。図6に示すように、第1送信信号51にて受信されるソフトビットメトリックは、入力67としてターボ復号器64に直接入力される。第2送信信号54から得られるデータは、入力62としてデータスプリッタ61に入力され、データスプリッタ61は、続いて、このデータを、図5に示すような、再送信信号52の部分（再送信部分52）とバンクチャド出力53の部分（バンクチャド部分53）との構成部分に分割する。

【0052】その後、再送信部分52は、上述のような、以前に送られた第1送信信号（図5の第1送信信号51）から対応するビットとともに通常のRAKE処理を行うため、RAKEプロセッサ63に入力される。通常のRAKEプロセッサ63では、ターボ復号器64にてSOVAによる復号を行うためRAKE処理された出力信号を供給する前に、複数の送信信号の各々にて送信されるデータを同じビット同士結合させる。

【0053】通常のRAKEプロセッサ63からの出力は、入力68としてターボ復号器64に入力される。データスプリッタ61は、第2送信信号中の新たなバンクチャド部分を、パス65を介してターボ復号器64に直接送る。本発明の第2の実施の形態では、任意の1つの信号に対して2つの送信信号のみを用いることとしたが、多元のターボ再送信を行わせ、再送信信号の各々を入力62として復号器60に入力させるものとすることができるターボ復号器64は、入力の各々に対して繰り返しSOVAを実行するが、ここで、SOVAは、第1送信信号51とRAKE処理された再送信信号による入力68とから結合された、“増大された”受信スペースに対して実行される。

その後、ターボ復号器64は、復号された情報を、使用するために出力69として出力する。第2の実施の形態では、このような方法によってSOVAを用いることにより、より低い有効ターボ率の符号を得ることができ、複雑さを最小限にとどめつつ性能を向上させることができる。

【0054】当業者は、本発明の範囲および意図から逸脱することなく、上述のような実施の形態に対して、様々な適応および修正が用いられ改造されるであろうことを認識することができる。すなわち、本発明が、本明細書の特許請求の範囲において、ここに限定的に記載された以外の形態で実施されうることが理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

ここに含まれる図は、本発明の本発明の実施の形態を正確に表すものとみなされるべきではなく、実例を表すためのみに提供され、添付された明細書とともに解釈されるべきものである。

【図1】IMT-2000規格のもと、多元接続環境にて基地局に接続される移動無線局の、多様なサブシステムを示す図である。

【図2】本発明のシステムを実装する第1の実施の形態により用いられるアルゴリズムを示す図である。

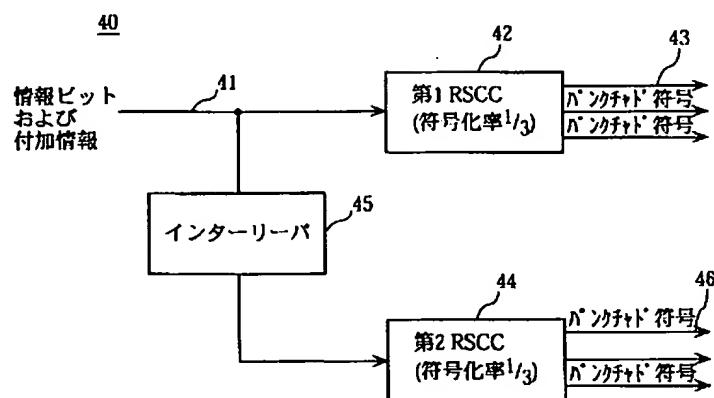
【図3】図2に示す第1の実施の形態の方法を実装するために用いられるハードウェア構成を示すブロック線図である。

【図4】送信信号に対する公知のターボ符号化の実装例を示す図である。

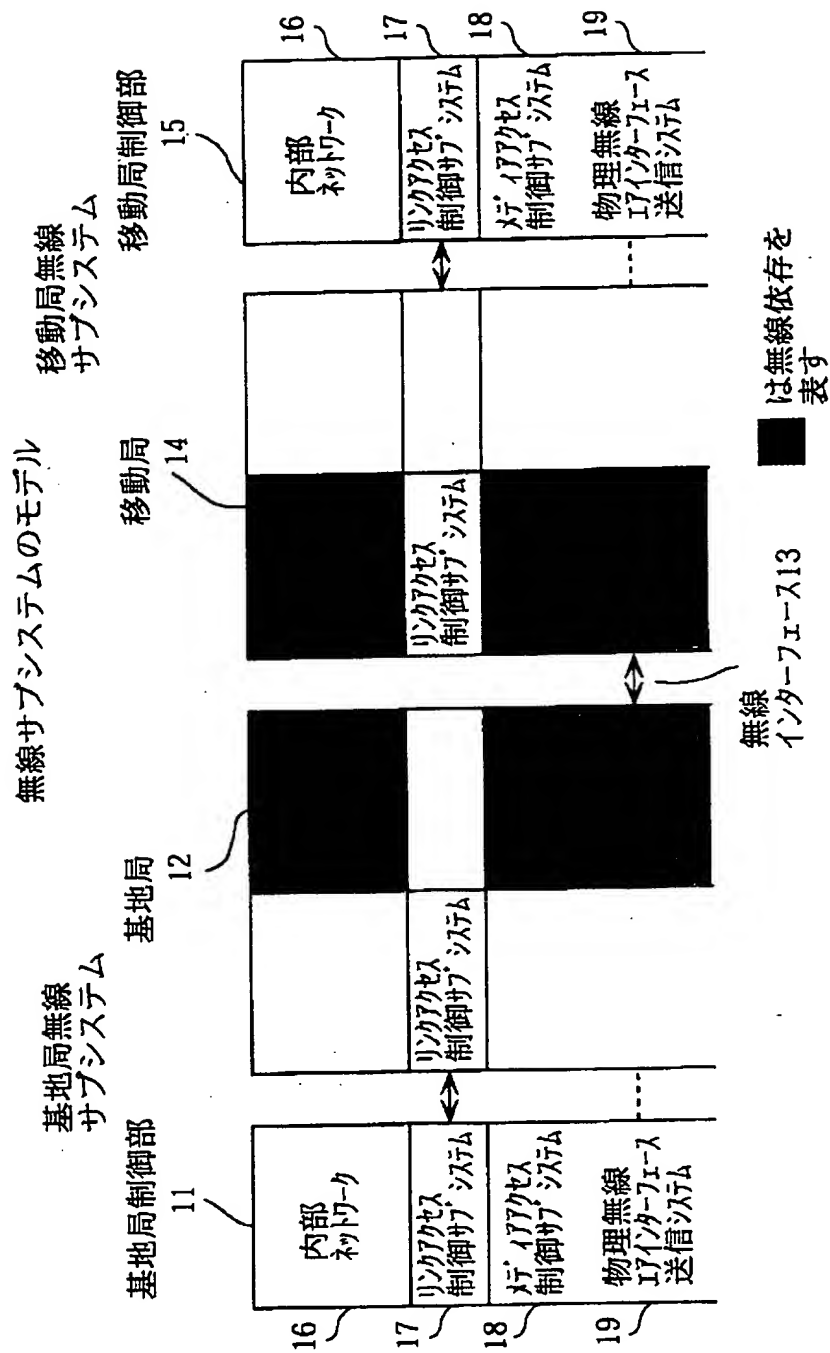
【図5】第2の実施の形態のシステムで用いられる2つの連続するデータ送信信号50を示す図である。

【図6】本発明の第2の実施の形態のターボ復号処理システム60を示すブロック図である。

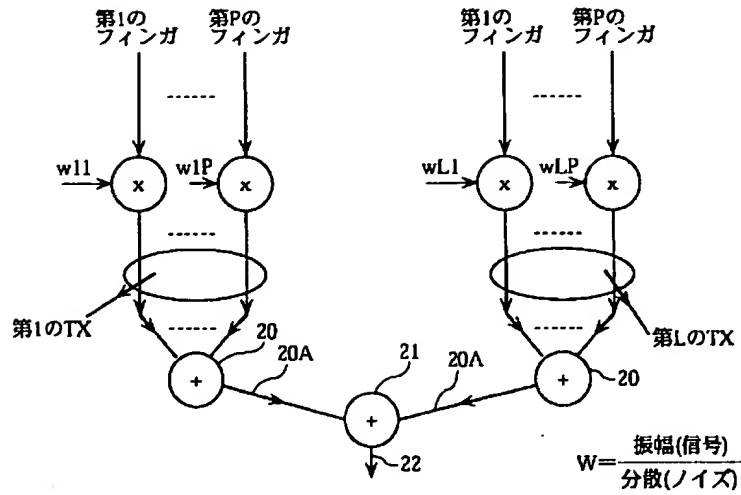
【図4】



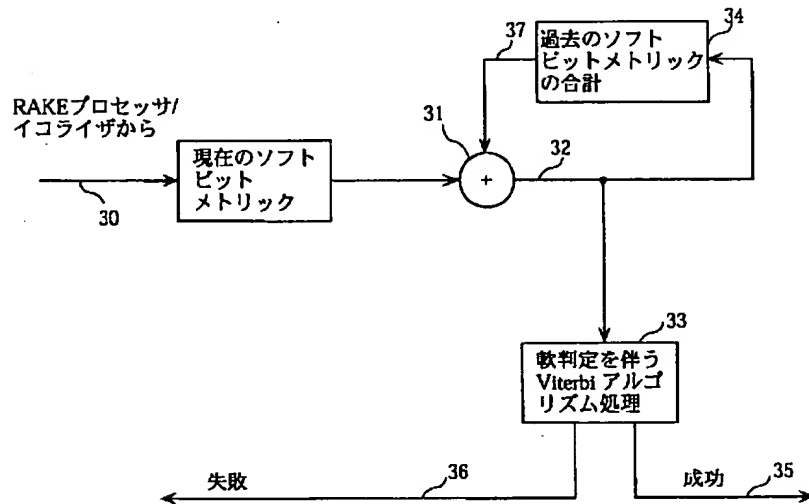
【図1】



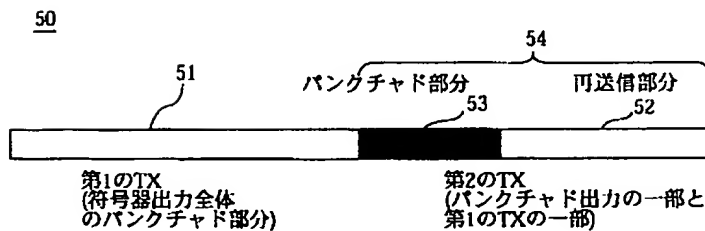
【図2】



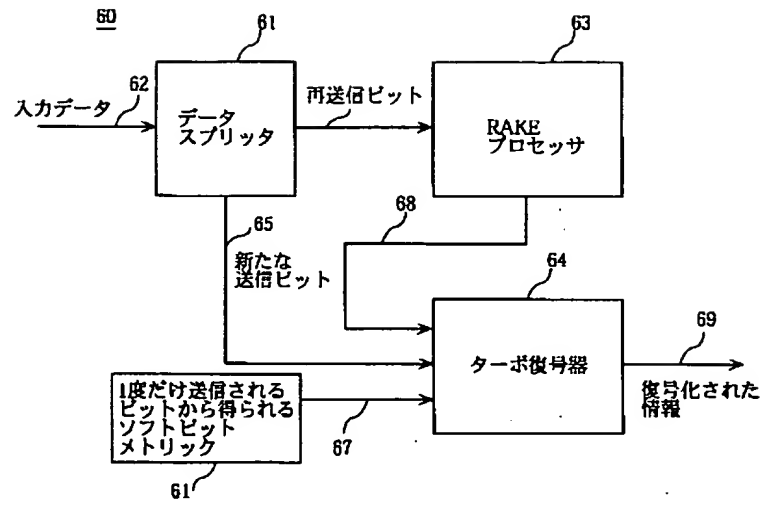
【図3】



【図5】



【図6】



【外国語明細書】

1. Title of Invention

RETRANSMISSION PACKET CAPTURE SYSTEM WITHIN A WIRELESS MULTISERVICE COMMUNICATIONS ENVIRONMENT WITH TURBO DECODING

2. Claims

1. A multiple access system of communication across a wireless interface comprising:

a Turbo encoder for Turbo coding signal representations of packets of information;

a transmitter for transmitting a first signal representation of a first packet of information and a second signal including a re-transmission of part of the first signal and a new signal representation of a second packet of information;

a receiver for receiving the signal representations;
and

a means for processing the signal representations by combining the transmitted signals with the re-transmitted signals to obtain an output signal representation of the packet of information, the transmitted and re-transmitted signals being combined using rake processing.

2. The system of claim 1, wherein each of the first transmission, the re-transmission part and the new signal part are decoded using a Turbo decoder processing algorithm.

3. The system of Claim 1 wherein the Turbo decoder processing algorithm repeatedly operates a Soft Output Viterbi Algorithm upon the signals.
4. The system of Claim 1 wherein the means for processing the signal representations further comprises a Turbo decoder processor, a first input system receiving soft bit metrics which are transmitted once and inputting the metrics into the Turbo decoder processor, a second input system for receiving the second signal and splitting the second signal into the new signal representation and the re-transmitted part, the new signal representation being directly input into the Turbo decoder processor and the re-transmitted part being provided to a rake processor for combination with corresponding data from the first signal representation, the rake processor providing an output to the Turbo decoder processor.
5. A method of communication within multiple access system across a wireless interface, comprising steps of:

providing at least two Turbo encoded transmissions representations of a data signal, the transmissions having an actual first Turbo rate code;

receiving the at least two Turbo encoded transmissions;
and

decoding the at least two Turbo encoded transmissions to produce a decoded signal representative of the data signal, whereby the decoded signal has an effective second Turbo rate code such that the effective second Turbo rate code is lower than the actual first Turbo rate code.

6. A method of communication across a wireless interface within a multiple access system of communication, comprising the steps of:

Turbo coding signal representations of packets of information;

transmitting a first signal representation of a first packet of information and a second signal including a re-transmission of part of the first signal and a new signal representation of a second packet of information;

receiving the signal representations; and

processing the signal representations by combining the transmitted signals with the re-transmitted signals to obtain an output signal representation of the packet of information, the transmitted and re-transmitted signals being combined using rake processing.

7. The system of claim 6, wherein each of the first transmission, the re-transmission part and the new signal part are decoded using a Turbo decoder processing

algorithm.

8. The system of Claim 7 comprising the further step of repeatedly operating a Soft Output Viterbi Algorithm upon the signals within the Turbo decoder processing algorithm.

9. The system of Claim 1 wherein the step of processing the signal representations further comprises the steps of receiving soft bit metrics which are transmitted once and inputting the metrics into the Turbo decoder processing algorithm, receiving the second signal and splitting the second signal into the new signal representation and the re-transmitted part, inputting the new signal representation directly into the Turbo decoder processing algorithm and the re-transmitted part being rake process combined with corresponding data from the first signal representation, and providing an output to the Turbo decoder processor.

J. Detailed Description of Invention

FIELD OF THE INVENTION

The present invention relates generally to wireless communication systems, and more particularly, to a system and method for correctly transmitting and re-transmitting data packets in a wireless multi-media communications environment.

BACKGROUND OF THE INVENTION

Various bodies worldwide are currently developing standards for the specification of the next generation of mobile telecommunications systems. Services offered by current wireless mobile systems are telephony and voice services supported by narrowband digital networks. There will be a demand for higher bandwidth services as more comprehensive data and information is transmitted. This comprehensive data will require mobile systems to interface with hardwired broadband networks using asynchronous transfer mode (ATM) transmission (defined below). Thus, today's wireless interface must carry narrowband services effectively

while providing the flexibility to carry higher bandwidth services as the demand increases.

However, the harmonization of multiple communication services with different characteristics results in distinguishable spectrum and transmission needs. Representative services used on wireless communication networks include telephony, videotelephony, and high-speed data transmission. These services have varying and distinguishable needs which include being in high demand, being delay critical, requiring high bandwidth, and/or being intolerant of errors. These different services also have different encoding requirements, different error transmission requirements and different delay requirements. The trade-offs of these different requirements of the different services used on the network, when they are integrated into a single cohesive whole, lead to limitations in the ability of the network to transmit a large amount of information quickly, correctly and simultaneously.

The radio access technique most often utilized for these diverse requirements is known as code division multiple access (CDMA). CDMA and ATM characteristics, separately and in combination, offer significant advantages in wireless communication environments where a wide range of services must be carried. Both CDMA and ATM allow a transmission link to support a number of simultaneous connections which can be used on demand to simplify routing and reduce traffic congestion and overhead.

CDMA allows many users to share the same radio frequency spectrum simultaneously through the use of spread spectrum transmission. Each individual connection across the radio interface is distinguished by a CDMA code allocated to that connection. Since there is a relatively large number of codes, they can be allocated to new connections as the connections are set up or when a new mobile station affiliates to a base station servicing multiple users. User data is transmitted over the air interface with an associated CDMA code and without the need for additional channel assignments. Thus, the CDMA code identifies the signal and represents a "virtual" channel connection for the air interface.

A reality of wireless communications is that data is communicated at essentially random times. Additional data may be added to the system and transmitted at any time. These random transmissions may, in the aggregate, force the system capacity to be exceeded and cause interference between users. These dynamically changing traffic characteristics may increase above system limitations and cause unacceptably excessive error rates.

ATM subdivides data for transmission into small fixed size packets called ATM cells which contain groups of information. Each ATM cell includes a data field and a control field which includes an address. The address within the control field can also be considered a virtual channel connection within a fixed network since multiple users are each identified by a separate address allocation. ATM is unlike traditional transmission systems in that it is asynchronous, and only uses network capacity when there is

data to be transmitted.

Another communications transfer mode known in the art is time division multiple access (TDMA). TDMA is similar to ATM, with the exception that TDMA is not asynchronous. Each TDMA transmitter sends a "cell" of information each time it is "polled."

In mobile digital information transmission techniques, specifically CDMA, ATM and TDMA, data information is considered to be "bursty" in that significant amounts of data are reduced to "packets" and transmitted in "bursts." Burst mode transmission results in information packages being sent and packetization delays. The process of filling ATM cells with speech also involves packetization delays.

The inherent nature of radio communications, in terms of transmitter power constraints and limited spectrum availability, also restricts the maximum amount of information which is possible to be transmitted over an air interface. Thus, within an air interface, broadband communication services must be regarded as being similar to narrowband services due to the mobile power constraints and the limitations of the data transfer rate on the air interface network. Additionally, radio transmission is significantly more error prone than broadband hard-wired networks. This tends to further reduce capacity due to the necessity to transmit and process error control protocols.

The standard known in the art which was created by the International Telecommunications Union (ITU) for the wireless

multimedia communications environment is known as IMT-2000. Figure 1 shows a graphical depiction of the various subsystems of a mobile radio station in conjunction with an associated base station within a multiple access environment under the IMT-2000 standard.

In Figure 1, the base station 12 includes a base station control 11 which controls the base station 12. The base station 12 communicates over a wireless interface 13 to a mobile station 14. The mobile station also includes a mobile station control 15. Each of the systems graphically shown in Figure 1 includes the following subsystems, an internal network 16, link access control subsystems 17, medium access control subsystems 18, and the physical radio air interface transmission system 19.

Current wireless communication of data, as used and as planned for implementation with IMT-2000, uses a system of error correction and reliability known as "Automatic Repeat Request" (ARQ). ARQ is a strategy of error correction which requests the re-transmission of a packet of data when the transmission is not completely and accurately received.

In ARQ, the receiver provides a signal to the corresponding data packet transmitter that the information data packet was not adequately received. Upon receipt of the ARQ signal, signifying an error in the previous transmission, the transmitter again re-transmits the data packet to the receiver. This process is reiterated until the data packet is adequately received. The receiver is then able to receive the next data packet to be sent.

The ARQ process causes system delays as identical information is transmitted and retransmitted over and over again until the signal representing the data packet is deemed acceptable or is considered to have failed and the transmission of that information data packet is aborted. These retransmissions of identical information add unwanted network traffic causing system degradation and interference.

A transmission standard related to CDMA digital wireless communications is Telecommunications Industry Association (TIA) committee TR45.5 developing IS-95 third generation standards. This telecommunications industry standard recommends that "Turbo coding" be provided for data transmission rates higher than 14.4 Kbps.

A known implementation of Turbo encoding is shown in Figure 4. In the illustrated transmission system, data to be transmitted is input to the encoder 40 at input 41. The data is then processed by a first recursive systematic convolutional coder (RSCC) 42 to provide multiple encoder outputs 43. Each of the set of first encoder outputs 43 is a signal having separately redundant information representative of the data at input 41.

The encoder 40 additionally processes the data at input 41 by sending it to a second RSCC 44 through interleaver 45. Interleaver 45 reshuffles the bits of information at input 41 and sends them to second RSCC 44 in order to minimize the error within the transmission. By reshuffling the data bits, the second set of encoder outputs 46 from second RSCC 44 are in a different order and configuration than at the outputs of

first RSCC 42.

In "Turbo coding," the various outputs 43, 46 of the first and second RSCC are then "punctured" or taken from the remainder of the outputs 43, 46 and selected for transmission. Puncturing outputs is acceptable for transmission purposes because of the redundancy of information which is created within the encoder 40. While not described in detail herein, Turbo decoding is also well known in the art.

TIA standard TR45.5 defines several turbo coding rates for use in wireless data communications. Turbo coding rates are a ratio of the information bits being considered over the actual bits being transmitted. These rates are $\frac{1}{2}$ or $\frac{1}{3}$ which is derived from a standard rate $\frac{1}{3}$ code for the forward link, i.e., a transmission of the base station to the mobile station, and $\frac{1}{2}$ or $\frac{1}{3}$ or $\frac{1}{4}$ derived from a standard rate $\frac{1}{6}$ code for the reverse link, i.e., a transmission of the mobile station to the base station.

A higher turbo rate code is beneficial for transmission because less bits are actually being transmitted to convey the same amount of information. By "puncturing" some of the outputs 43, 46, a higher rate code is achieved since less bits are actually transmitted and therefore less hardware is required. Due to the redundancy of information being output from the Turbo encoder, puncturing is acceptable for sending a reliable signal without losing information.

One system architecture utilized in wireless spread spectrum communications is known as pre-combining "rake." In

this rake architecture, multiple path parameters for the received signal are derived from a downlink pilot signal and used for phase, amplitude, and time alignment of the various multiple path components which are combined prior to demodulation. Essentially, pre-combining rake recognizes that a single transmitted signal sent over a wireless communications link will have multiple components or "metrics" which must be combined by a receiver to obtain a single accumulated signal input for the Viterbi Algorithm, known in the art.

When the rake architecture is used within wireless communications systems, a transmission is deemed to fail when insufficient multiple path components are received and their combined power level is not above a predetermined threshold.

When the transmission fails, the rake receiver must undertake an error correction system. It transmits an ARQ request. The information signal is then re-transmitted by the transmitter. This process is reiterated until the signal is deemed to be adequately received, i.e., it is above the predetermined power threshold when rake recombination is completed.

However, the addition of multiple transmissions of the same signal adds unwanted traffic within the transmission network. Further, the rake system has power constraints due to multiple users on the network with different power availability. One user's transmission may interfere with the power level of another user's reception.

OBJECTS OF THE INVENTION

It therefore is an object of the present invention to provide an improved system for providing a wireless telecommunications system which will effectively carry narrowband services while providing the flexibility to carry higher bandwidth services.

It is a further object of the present invention to provide a wireless communications system which effectively addresses the differing wireless communications transmission and spectrum needs of multiple services (such as telephony, videotelephony, and high-speed data transmission), including being delay critical, requiring high bandwidth, and being intolerant of errors.

It is yet a further object of the present invention to provide a transmission system within a multiple access wireless communications environment which reduces unnecessary and unwanted information traffic on the network, reduces interference between users, addresses dynamically changing traffic characteristics in a way which provides for gradual degradation of system quality when network traffic limitations are exceeded and thereby reduces unacceptable communications errors.

It is still a further object of the present invention to provide a transmission system within a multiple access wireless communications environment which minimizes the necessary number of ARQ retransmissions of identical information in order to obtain an acceptable signal and

thereby reduces unwanted information traffic from the wireless network.

It is still even a further object of the present invention to provide a data transmission system within a multiple access wireless communications environment which provides a lower effective Turbo decoding rate while using a higher Turbo coding rate for transmission.

SUMMARY OF THE INVENTION

These and other objects and advantages are achieved by the present invention by implementing a "hybrid" ARQ system within a multiple access wireless communications environment. The system recombines ARQ retransmission signals with information obtained from corresponding previously failed transmissions of the same signal which had been sent and received within the air interface. The present invention is considered to be "hybrid" ARQ in that it implements Forward Error Correction (FEC) within an ARQ environment by using whatever acquired information it has already obtained and trying to correct the information without further retransmission.

The present invention recognizes that there is a trade-off between the number of ARQ transmissions within a network to obtain a single correct signal, and the interference caused by the re-transmission of the same signal over and over again until the signal is correctly received. The present invention resolves this trade-off by processing the re-transmitted signal with the processed information already obtained from

previously received corresponding signals which were transmitted and failed, i.e., they yielded an unacceptable resulting signal.

By combining corresponding re-transmissions, the present invention increases the likelihood that a successful transmission will be quickly achieved. The present invention recognizes that the probability of a successful transmission is geometrically increased as the number of correspondingly similar re-transmissions are combined to obtain a single correct signal.

The combination of re-transmissions also allows the preferred embodiment of the present invention to minimize the number of likely re-transmissions necessary to achieve a successful signal being received, and thereby reduces the information traffic on the network. This further allows an increase in the number of users on the network without excessive degradation of the quality of the transmissions by the gradual increase in users.

In a first preferred embodiment of the present invention, multiple corresponding re-transmissions are combined to recreate the transmitted signal using Rake processing. In this first preferred embodiment of the present invention, multiple transmitted metrics of a first transmission are combined using Rake processing. If the signal is determined to have failed, an ARQ signal is sent to the transmitter and the signal is re-transmitted. Once the re-transmitted signal is received and Rake processed, the first Rake processed signal and the Rake processed re-transmitted signal are then

again Rake processed together to obtain a successful transmission. The signal is re-transmitted and Rake combined as many times as necessary until either a successful signal is reached or it is determined to discard the information.

In a second preferred embodiment of the present invention, Turbo encoded transmitted data information is only partially re-transmitted by the transmitter in order to achieve a successful transmission. By re-transmitting only part of the originally transmitted signal, the second preferred embodiment of the present invention effectively lowers the Turbo decoding rate at the receiver in order to allow accurate reception while maintaining a higher Turbo coding rate at transmission and minimizing transmission requirements. The second preferred embodiment of the present invention is able to achieve these advantages by combining Turbo decoding algorithms within the retransmission system of the first preferred embodiment. The second preferred embodiment thus minimizes the use of redundant retransmissions.

DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

The following description is provided to enable any person skilled in the art to make and use the invention, and

sets forth the best modes presently contemplated by the inventor for carrying out this invention. Various modifications, however, will remain readily apparent to those skilled in these arts, since the generic principals of the present invention have been defined herein.

The first preferred embodiment of the present invention operates within a rake processing environment. The first preferred embodiment determines when a first packet transmission is not adequately received by a transmitter. When the system determines that the first packet transmission is not adequately received, the receiver stores the resulting failed rake processed signal. An ARQ signal is then sent requiring retransmission of the signal by the transmitter.

The first preferred embodiment then performs rake processing upon the second retransmitted signal. The system combines the previously stored first, failed, rake-processed transmission result with the corresponding second, rake processed retransmission result in an attempt to obtain an adequate signal. If the combined signal is still not adequate, the combined signal result is again stored, and the process is reiterated until a resulting signal is adequately obtained.

The first preferred embodiment of the present invention reiterates the retransmission process until either (1) the resulting processed signal results in an adequate transmission being received, or (2) the system exceeds a default limitation of the number of reiterations allowed and the resulting failed signal is discarded. In the first preferred embodiment of the

present invention the maximum number of times, or reiteration threshold, for allowable retransmission of data packets may be set on a per service basis. For example, a voice signal communication will have a lower reiteration threshold than high-speed data since each transmission error will have less of an affect on the outcome.

The first preferred embodiment of the present invention determines if the rake processed received signal is acceptable by testing whether the processed signal has sufficient power to yield an error free result as an input for the Viterbi Algorithm. The system of the first preferred embodiment of the present invention recognizes that the metrics of the transmitted signal take multiple paths across the air interface to the receiver. Due to this inconsistency in the paths of the multiple metrics of a single signal, the rake processing of the metrics may result in an unreliable signal being received. The preferred embodiment recognizes that the power level of the rake processed signal is a likely determinant of whether the signal is reliable in relation to the noise incurred across the air interface.

The first preferred embodiment implements the present invention by combining transmitted and retransmitted signals based upon the following equation:

$$M_n(L) = M_n(L-1) + \Delta m_{n,L}$$

where: M is the accumulation of the soft decision bit metrics resulting from the rake processing of the transmissions, L is the number of the transmission within the multiple

corresponding signals being transmitted and retransmitted, n is the number of the bit within the data information packet being transmitted, Δm is the incremental, soft decision bit reception metric from the L th, or last, transmission.

Figures 2 and 3 show a graphical depiction of the algorithm used by the first preferred embodiment to implement the system of the present invention. As shown in Figure 2, each transmission TX is comprised of a series of metrics or fingers M. Each of these metrics M symbolizes a different one of the multiple path components of the transmission TX traveling across a different path over the air interface from a transmitter to a receiver.

The reliability of each metric M is determined based upon the path that it takes across the air interface. As shown in Figure 2, each metric M is weighted by a value W during rake processing to determine the potential value and reliability of its contribution to the result of the overall received signal TX which is to be included within the Viterbi Algorithm. In the rake processing of the metrics M, the weighted metrics M from a single transmission are processed and added together by adder 20 to produce a single resulting outcome 20A which is to be included within the Viterbi Algorithm.

As illustrated by Figure 2, each of the transmissions TX undergoes identical rake processing by the receiver. The first preferred embodiment of the present invention further adds each of the raked signal outcomes 20A from each of the rake processed individual signals TX together through adder 21 in order to obtain a total combined output signal 22. This

output signal 22 is statistically a reliable representation of the transmission TX, based upon the rake processing of each of signals TX, and their rake combination together into a single reliable signal 22 which may be included within the Viterbi Algorithm.

Figure 3 shows a further graphical block diagram depiction of the hardware configuration used to implement the method of the first preferred environment of the present invention as shown in Figure 2. Each of the metrics M is rake processed with its counterpart metrics M from each transmission TX.

As shown in Figure 3, the output representative 20A of each rake processed signal 20 is provided along the input 30. The input 30 is then fed into adder 31. The accumulated output 32 of adder 31 is sent to both memory 34 where it is stored and processor 33 where it is analyzed for processing within the Viterbi Algorithm.

If processor 33 determines that the processed transmission TX has been adequately received, then the representative signal of the transmission is used within the Viterbi Algorithm and sent along output 35 for further processing by the receiver. However, if the processor 33 determines that the output 32 is not an adequately useful signal, i.e., it does not have sufficient power to be representative of an adequate rake processed signal, then an output is sent along output line 36, and an ARQ signal is sent requiring further re-transmission from the transmitter.

The re-transmitted signal is received, rake processed, and the rake processed representative of the re-transmitted signal is again sent along input 32 to adder 31. The rake processed signal 30 is added by adder 31 to the previous accumulated rake processed results sent along line 37. By implementing the shown system for recombining ARQ transmission signals with information obtained from corresponding previously failed transmissions of the same signal which had been sent and received across the air interface, the present invention is able to achieve a reduction in necessary traffic on a multiple access wireless communications network. The preferred embodiments of the present invention are further able to address the different transmission and spectrum needs of multiple services by reducing delay, addressing high bandwidth needs, reducing transmission errors, reducing interference and allowing for the gradual degradation of system quality when network traffic limitations are exceeded.

A second preferred embodiment of the present invention implements Turbo decoding within the re-transmission rake processing environment of the first embodiment shown in Figures 2 and 3. In the second preferred embodiment, an originally transmitted and failed signal is only partially re-transmitted in response to the ARQ signal in order to achieve a successful transmission. By re-transmitting only part of the originally transmitted signal, the present invention effectively lowers the Turbo decoding rate to allow accurate reception while maintaining a higher Turbo coding rate at transmission and minimizing transmission requirements.

The second preferred embodiment of the present invention is able to achieve these advantages by combining Turbo decoding algorithms within the retransmission system of the first preferred embodiment. The second preferred embodiment minimizes the amount of information being redundantly retransmitted.

A graphical depiction of two (2) serial data transmissions 50 used within the system of the second preferred embodiment of the present invention is shown in Figure 5. While the second preferred embodiment of the present invention is implemented using only two (2) transmissions, it is anticipated that further embodiments may be configured which may utilize a different number of transmissions and re-transmissions, and still fall within the scope of the present invention.

Additionally, while the second preferred embodiment of the present invention is implemented using the Parallel Concatenated Convolutional Coding (PCCC) system illustrated in Fig. 4, it is also anticipated that a Serial Concatenated Convolutional Coding system (not shown) may be used whereby an interleaver is placed at a punctured output of a first encoder. The interleaver then feeds the interleaved signal into a second encoder which also provides a punctured output for transmission.

As shown in Fig. 5, the first transmission 51 used within the system of the second preferred embodiment of the present invention consists of a punctured part of the overall encoder output of the Turbo encoder illustrated in Fig. 4. The second

preferred embodiment of the present invention then provides a second transmission 54 which is a combination of a re-transmission of part of the first transmission 52 and a new punctured output from the Turbo encoder 53.

In the second preferred embodiment of the present invention, the amount of the first transmission 51 which is re-transmitted 52 is set by a predetermined algorithm. For example, an algorithm may determine that the first thirty percent (30%) of the first transmission 51 should be re-transmitted 52 within the second transmission 54. Obviously, as you increase the amount of re-transmission 52, you increase the reliability as well as the complexity and the time necessary to decode two full frames of data 51, 54. When the amount of the retransmission 54 is identical to the first transmission 51, the system of the first preferred embodiment of the invention is being implemented. The goal is to decrease the amount of retransmission 53 while still maintaining a high level of reliability.

As can be seen from the illustration of Fig. 5, the second preferred embodiment is able to "augment" the signal processed by a decoding algorithm for the Soft Output Viterbi Algorithm (SOVA) by combining the first transmission 51 with the re-transmission 53. In this second preferred embodiment, the decoding algorithm repeatedly operates the SOVA upon the input, and an effective lower Turbo rate code is obtained within the decoding algorithm.

This second preferred embodiment is distinguishable from the re-transmission rake processing system of the first

preferred embodiment, which simply combines similar bits of transmitted information in the multiple transmissions before performing the SOVA within the decoding processor. The effective lower Turbo rate code provided by the second preferred embodiment obtains a benefit in performance by raising the success rate of the received signals and increasing transmission reliability.

As an example, where there is an encoder which uses a Turbo coding rate of $1/4$, after the second transmission the effective decoding rate of an implementation of the second preferred embodiment of the present invention may become $1/6$. In this example, the second transmission consists of four parts; two parts of the re-transmitted punctured first transmission and two parts of a new transmission. By combining the entire first transmission of four parts with the two parts of the re-transmitted punctured first transmission, the amount of information being processed, i.e., the "augmented" reception space, is six (6) parts yielding a $1/6$ effective Turbo decoding rate.

The method of the second preferred embodiment of the present invention uses the encoding system shown in Fig. 4 to transmit signals over the air interface. Consider that each of the RSCC's 42, 44 have a Turbo rate code of $1/2$, then upon puncturing alternative bits from each of the sets of encoder outputs 43, 46, the information bits along with the alternative redundancy bits from each of the outputs 43, 46 are transmitted. The effective overall Turbo coding rate becomes $1/4$.

In the second transmission, the interleaved sequence of information bits is then transmitted together with the punctured symbols from each output. At the decoder the effective coding rate, after the second transmission, becomes $1/3$, i.e., yielding additional coding gain. Thus, the system is able to accomplish enhanced reception with minimal additional hardware or complexity over known systems since the SOVA decoder block required by the Turbo code is essentially the same.

The Turbo decoder processing system 60 of the second preferred embodiment of the present invention is illustrated in block diagram form in Fig. 6.

As is shown in Fig. 6, soft bit metrics received within the first transmission 51 are fed directly into a Turbo decoder 64 along input 67. Data received from the second transmission 54 is fed into the data splitter 61 at the input 62. The data splitter 61 then divides the data into its component parts, i.e., the punctured part 53 or the re-transmitted part 52, as illustrated in Fig. 5.

The re-transmitted part 52 is then fed to a processor 63 for ordinary rake processing with corresponding bits from the previous first transmission (51 in Fig. 5) as described above. In the ordinary rake processor 63, the processor 63 combines the similar bits transmitted in each of the multiple transmissions before providing the rake processed output signal for the Soft Output Viterbi Algorithm (SOVA) within the Turbo decoder 64.

The output of the ordinary rake processor 63 is fed into the Turbo decoder 64 along input 68. The new punctured part of the second transmission is sent by the data splitter 61 directly to a Turbo decoder 64 along path 65.

While this second preferred embodiment of the present invention only uses two (2) transmissions for any one signal, it is anticipated that further embodiments falling within the scope of the invention may use multiple Turbo re-transmissions and that each of the re-transmissions will be fed along input 62 into the decoder 60.

The Turbo decoder 64 implements the Soft Output Viterbi Algorithm (SOVA) upon each of the inputs repeatedly. However, the SOVA is implemented upon the "augmented" reception space, which is the combined first transmission 51 and the rake processed re-transmission 68. The decoded information is then fed by Turbo decoder 64 along output 69 for use. By implementing the SOVA in this manner, the second preferred embodiment of the present invention is able to obtain a lower effective Turbo rate code and thereby obtain performance benefits while maintaining minimal complexity.

Those skilled in the art will appreciate that various adaptations and modifications of the just described preferred embodiment can be used and configured without departing from the scope and spirit of the invention. Therefore, it is to be understood that, within the scope of the appended claims, the invention may be practiced other than as specifically described herein.

4. Brief Description of Drawings

The features, organization, advantages and objects of this invention will be fully understood from the following detailed description and the accompanying drawings. The drawings contained herein are not considered to be accurate depictions of the embodiments of the invention, but are provided for illustrative purposes only and are to be interpreted in conjunction with the attached specification.

Figure 1 shows a graphical depiction of the various subsystems of a mobile radio station in conjunction with an associated base station within a multiple access environment under the known IMT-2000 standard.

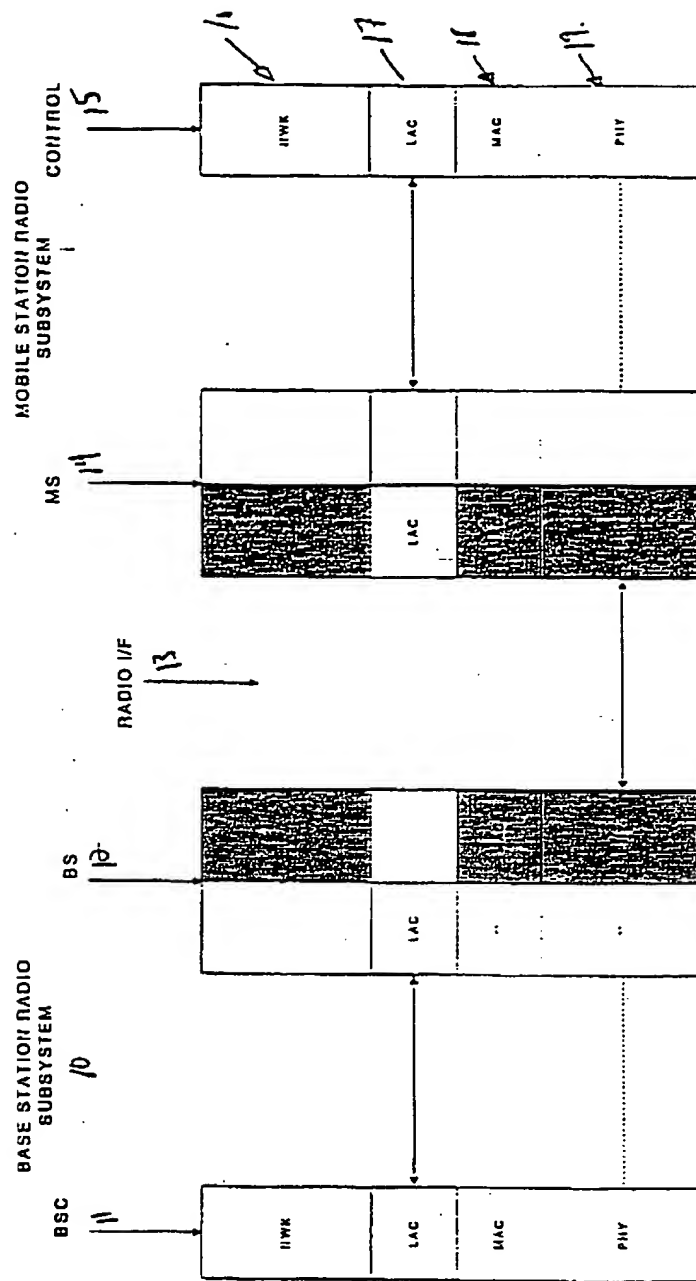
Figure 2 shows a graphical depiction of the algorithm used by the first preferred embodiment to implement the system of the present invention.

Figure 3 shows a graphical block diagram depiction of the hardware configuration used to implement the method of the first preferred environment of the present invention as shown in Figure 2.

Figure 4 shows a graphical block diagram depiction of a known implementation of Turbo encoding for transmission.

Figure 5 shows a graphical depiction of two (2) serial data transmissions 50 used within the system of the second preferred embodiment of the present invention.

Figure 6 shows a graphical block diagram depiction of the Turbo decoder processing system 60 of the second preferred embodiment of the present invention.



Radio subsystem model

Denotes radio dependent

Fig. 1.

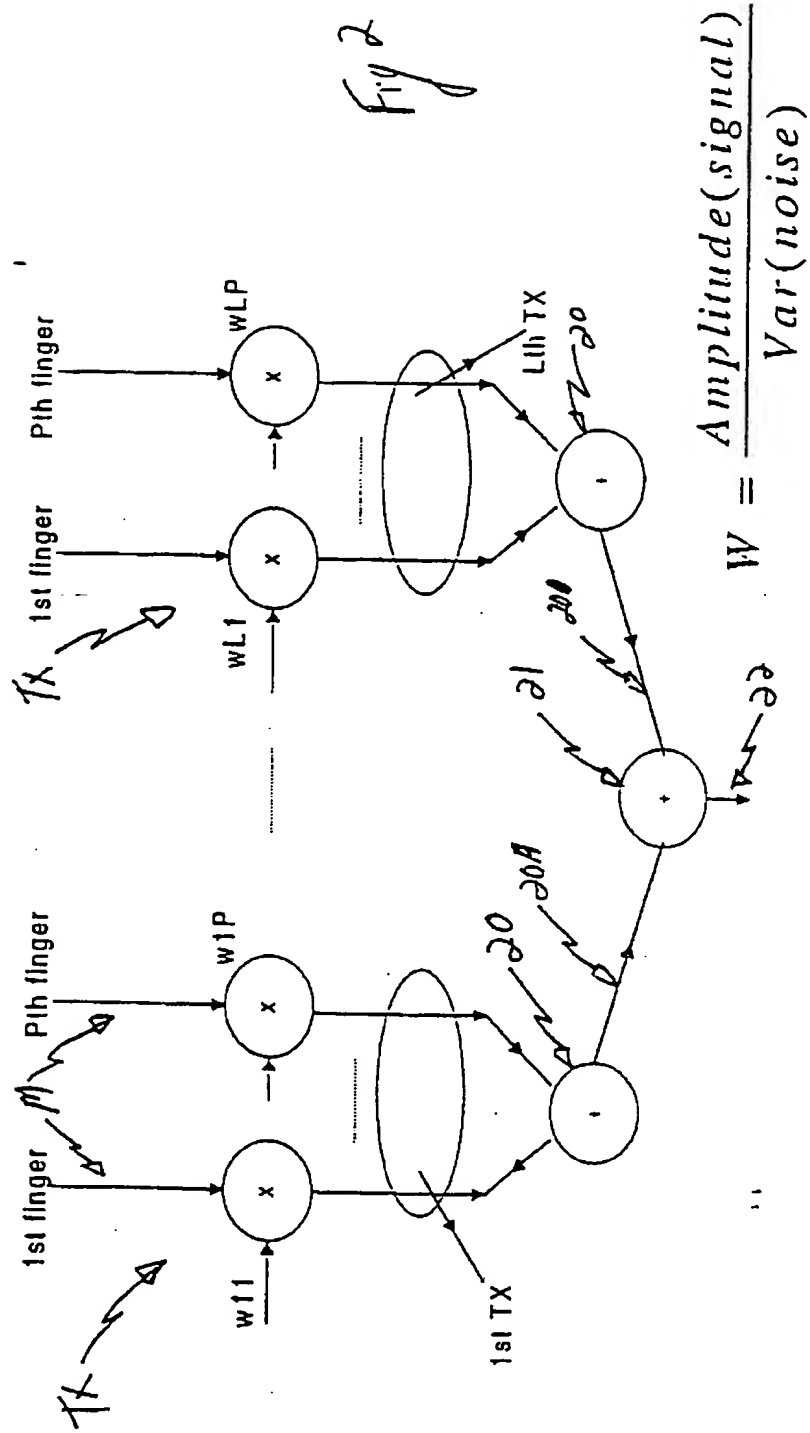


Fig. 3

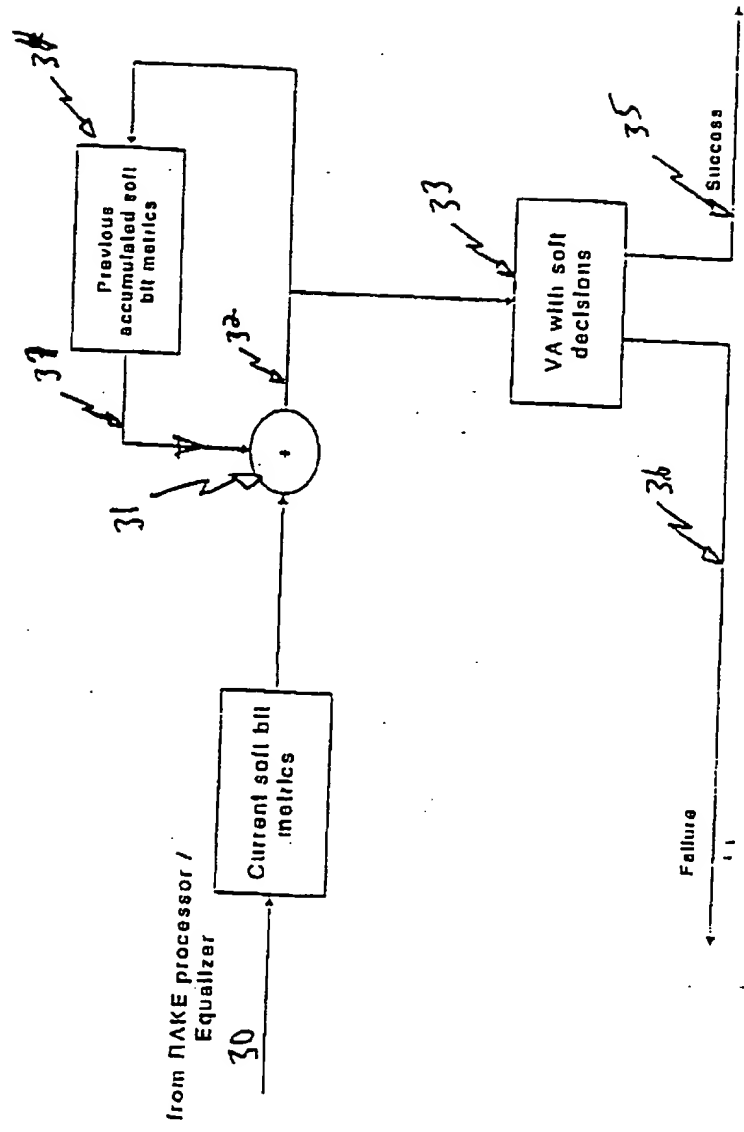


Fig. 4

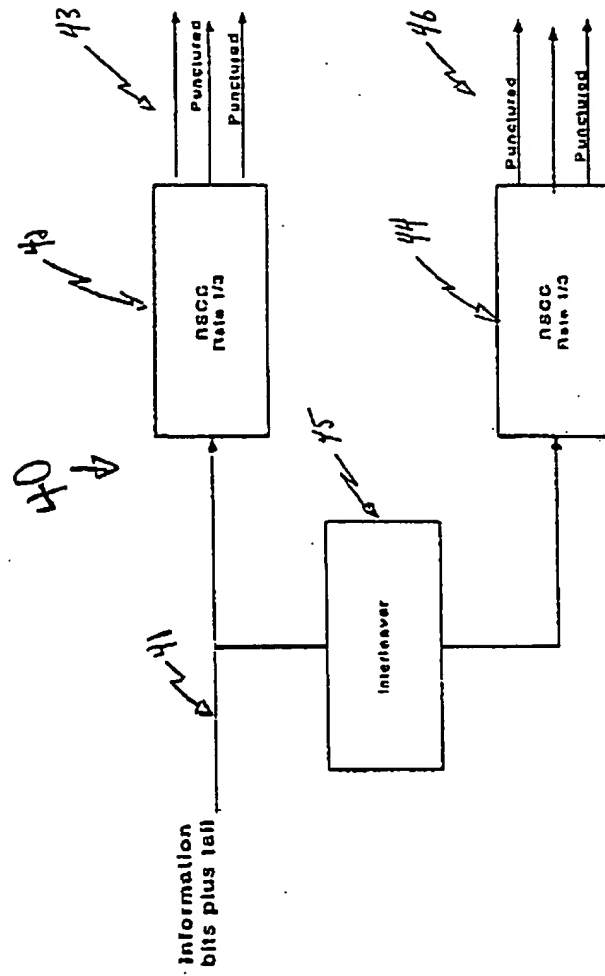
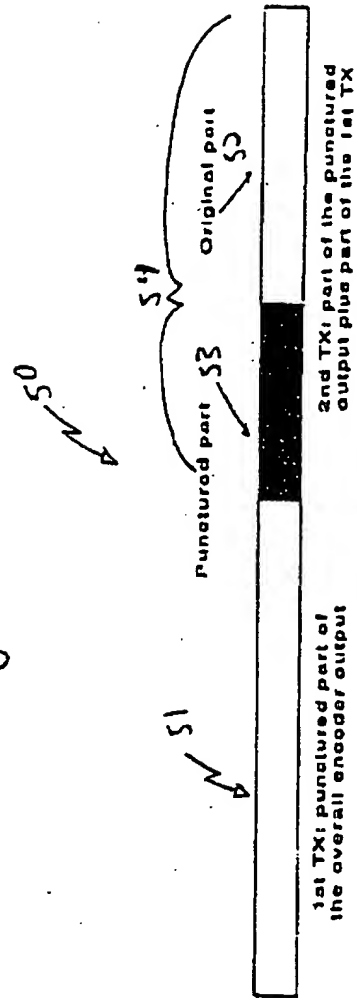
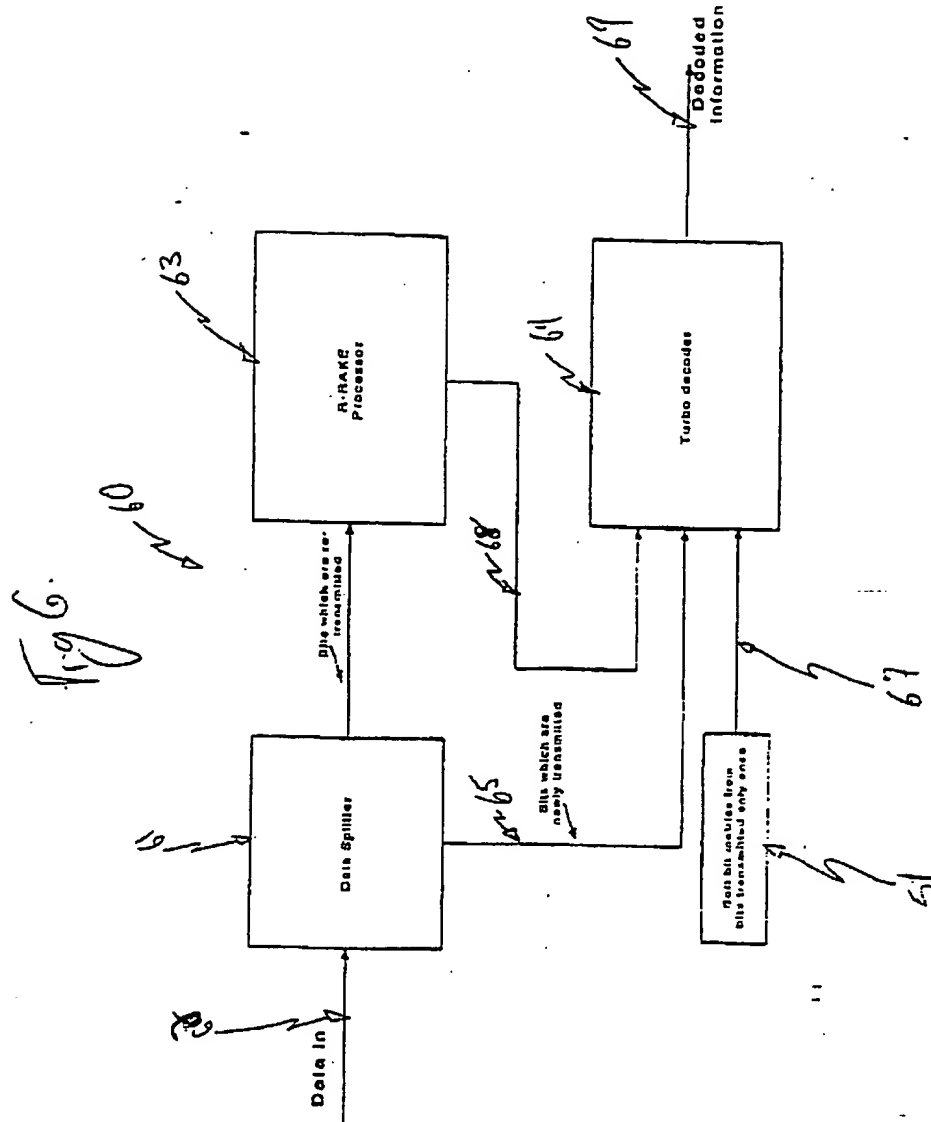


Fig. 5





1. Abstract

A "hybrid" ARQ system within a multiple access wireless communications environment is provided for recombining ARQ retransmission signals with information obtained from corresponding previously failed transmissions of the same signal which had been sent and received within the air interface. Forward Error Correction (FEC) is implemented within an ARQ environment by using whatever acquired information has been previously obtained from Rake processed transmitted and retransmitted signals and trying to correct the information by combining the signals and without retransmission. In a second preferred embodiment of the present invention, Turbo encoded transmitted information is only partially re-transmitted by the transmitter in order to achieve a successful transmission.

2. Representative Drawing Fig.2